

## 原子炉内照射に関する稀薄ガス薄層熱抵抗の応用

著者	林 喬雄
号	168
発行年	1972
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10097/11117">http://hdl.handle.net/10097/11117</a>

氏 名（本籍）	はやし 林	たか 喬	お 雄	（山梨県）
学 位 の 種 類	工	学	博	士
学 位 記 番 号	工	第	1 6 8	号
学位授与年月日	昭和 4 7 年 9 月 1 3 日			
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当			
最 終 学 歴	昭和 3 3 年 3 月 東北大学工学部精密工学科卒業			
学 位 論 文 題 目	原子炉内照射に関する稀薄ガス薄層熱抵抗の応用			
	（主査）			
論 文 審 査 委 員	教授	江草	龍男	教授 梶山 一典
	教授	武山	斌郎	教授 百田 光雄

## 論 文 内 容 要 旨

本論文は稀薄ガス薄層の熱抵抗特性を原子炉内被照射体の温度制御に応用したものであって、キャプセルの温度制御技術ならびに被照射体の原子炉内での熱量計測技術に関する実用上の開発成果についてまとめたものである。これら技術の基本原理は発熱源から冷却体に向う熱の流れの途中に薄いガスの層（たとえば  $0.1\text{ mm}$  から  $0.5\text{ mm}$  程度のガス層）を設け、そのガス層中のガス圧力を大気圧から  $0.1\text{ Torr}$  程度の間で変化させ熱抵抗を変え、発熱源を含む体系の温度を計画的に制御しようとするものである。この性質を原子炉内被照射体の温度制御に応用して新しい温度制御技術を確立し、また一方、原子炉内発熱量計測に用いて新しいカロリメーターを開発した。本論文は全 7 章よりなる。

まず第 1 章では本技術の概要について述べその意義を明らかにしている。

第2章では温度制御キャプセル照射技術開発の過程として、「この圧力の制御によるキャプセルの温度制御」を構成する二つの基本要素，すなわち一つは圧力変化と稀薄ガス薄層熱抵抗の関係，もう一つはその圧力を制御する問題をとりあげ，その実験と理論解析について述べている。まず著者はキャプセル内の核反応の発熱をヒーターによって模擬し外筒をさしかえることによ

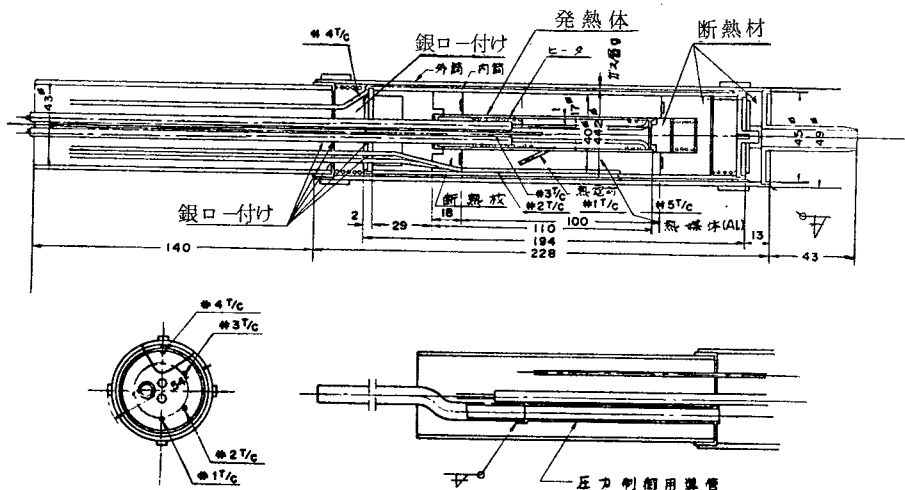


図1 炉外実験用キャプセル実験体

てガス層厚さを変えて実験のできる炉外キャプセル実験体(図1)を製作し，また流量調整弁とロータリーポンプ排気の組合せによる圧力制御装置および冷却槽からなる実験装置(図2)を製

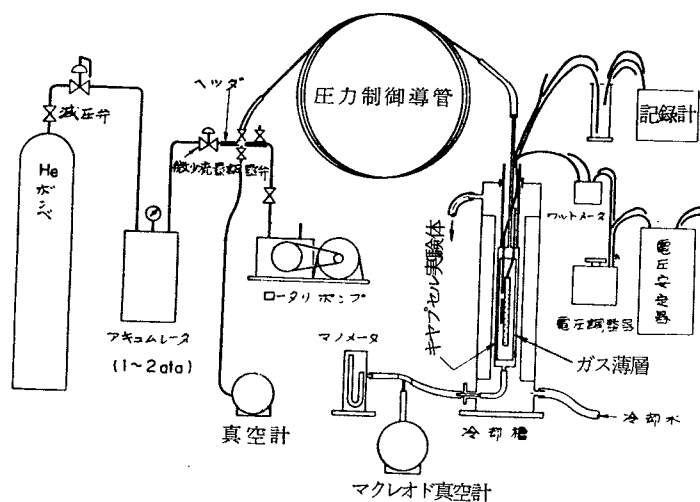


図2 実験装置の配置図

作して実験を行い，稀薄ガス薄層熱抵抗の圧力依存性を明らかにした。図3は実験結果の1例であって，ガス薄層熱抵抗の圧力による変化を示すものでガス層の厚さ，ガスの種類とどのような関係をもっているかを示している。またその圧力を制御するについての理論解析と実験を行ってその機構を明らかにした。さらにこの結果に基づいて実用化を目的として自動温度制御のための圧力制御装置を製作した。図4は本装置のフローシートで原子炉内キャプセル照射において温度制御照射を行っている場合を示している。

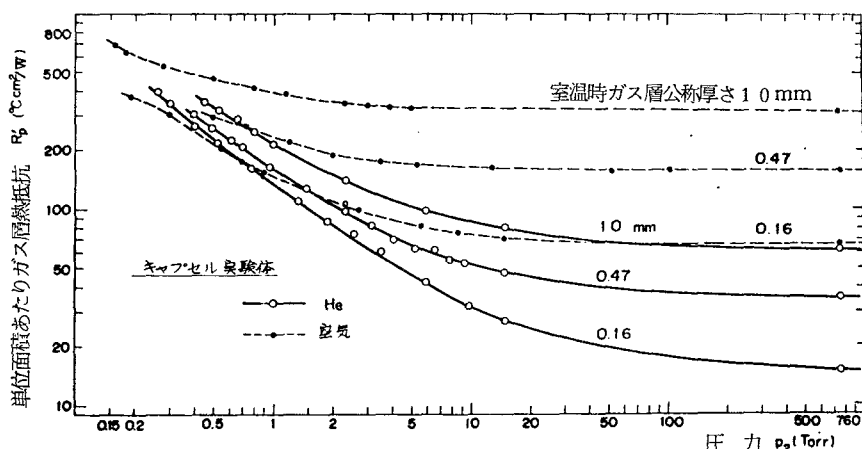


図3 ガス層熱抵抗の圧力変化による空気とヘリウムの相違

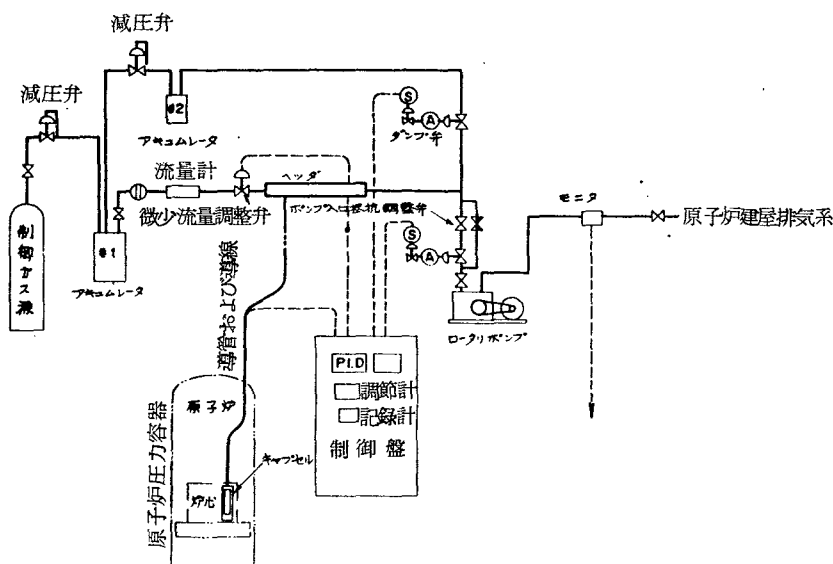


図4 温度制御キャプセル系フロシート

第3章では自動温度制御系の特性についての理論解析と実験について述べている。まず理論解析の結果としてキャプセル内の温度の応答性を示す式を導いた。一方上に述べた炉外キャプセル実験体を用いて応答性の実験を行った。理論解析がこの応答性の実験と非常によく一致をみた。図5はこの実験結果の1例で、ヒーター入力を400Wから460Wにステップ状に変えたときのキャプセル内の温度の制御の様子を示すもので実験と計算の結果を対比している。この結果、本自動制御系は実用に供しうることが実証された。

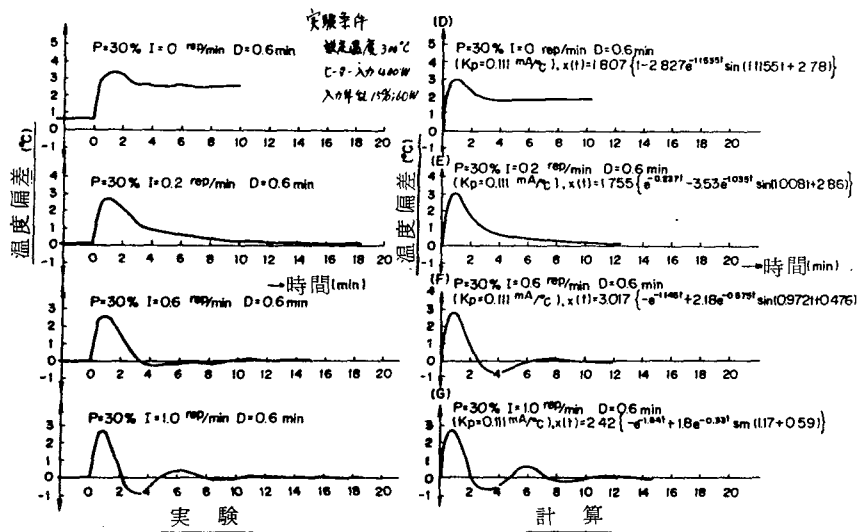


図5 ヒータ入力のステップ変化に対するキャプセル内温度挙動：実験と計算の対比

第4章は温度制御キャプセルの炉内照射実績について述べる。まず、核燃料照射照射キャプセル

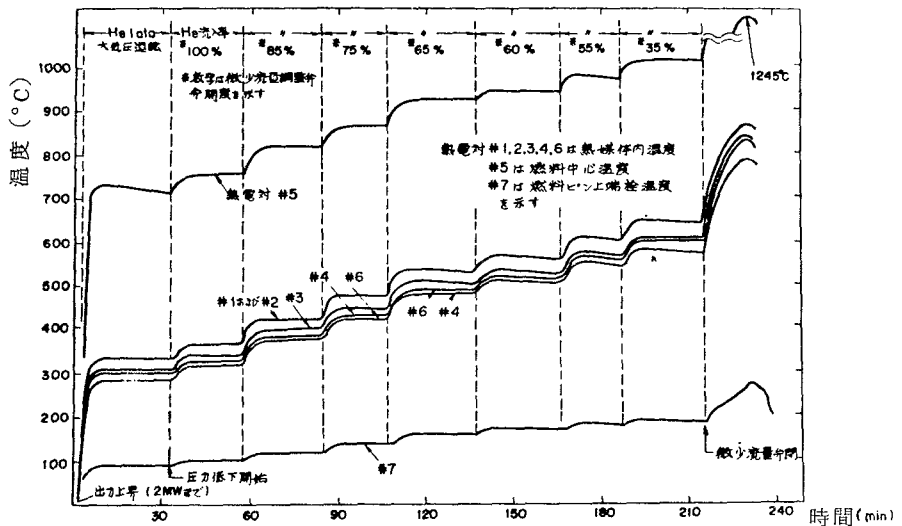


図6 温度制御キャプセルの炉内照射における特性 (JRR-4 炉出力 2MW)

ルを製作して第4号研究用原子炉(JRR-4)において短期の炉内照射実験を行い、温度制御キャプセルとしての照射および温度制御特性などの確性試験を行ってよい結果をおさめた。図6はその照射特性の1例を示すもので、手動で弁開度を変化させキャプセル内の温度制御の様子を調べたものである。さらにこの結果に基づいて材料試験炉(JMTR)において本格的長期の実用化試験を行った。すでに本方式によって製作した数体の温度制御キャプセルを使用し、長期間、きびしい条件下で精度のよい照射を行いうることを実証した。本論文ではこれら各キャプセル照射の内容と結果について具体的に述べ、得られた結果について述べている。この結果、本方法は温度制御照射技術の進歩に大いに貢献しうるものであることを示した。

第5章では原子炉内発熱量計測法と炉外試験について述べる。本方法は稀薄ガス薄層熱抵抗制御による断熱効果とダンプ弁トリップによる放熱現象を利用し、その冷却曲線の時定数から発熱試料の熱抵抗を求めて試料の発熱量を知る新しい炉内発熱量計測法である。図7はこの考え方を示すもので同図(a)に示すように発熱試料をガス層を介して冷却体に接して設ける。発熱試料

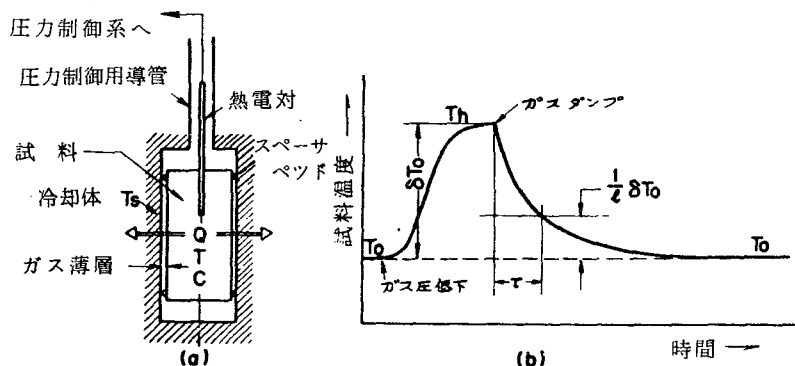


図7 ガスダンプによる発熱量計測の考え方

は一定連続に発熱しているものとする。ガス層の圧力を制御して(b)に示すように昇温し、次にガスをダンプする。試料の冷却曲線より熱抵抗を知りこれによって試料の発熱量を求めるものである。本論文ではまず発熱量測定器の原理および特性について述べる。次にヒーターをアルミニウムの中に铸込んだ発熱体を内蔵する実験体(図8)を用い、炉外で行った実験について述べる。この結果によるとこの発熱量計測の精度は大体2~3パーセント程度の誤差で測定できることが確かめられた。

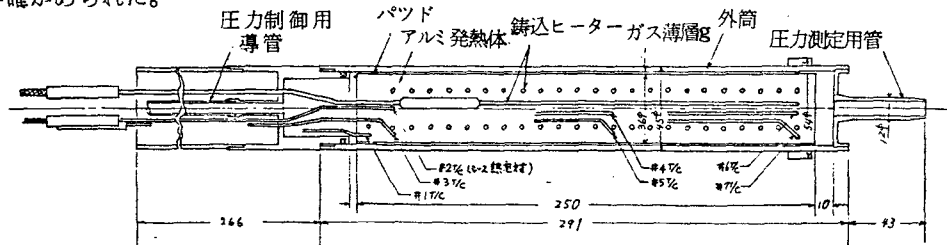


図8 熱量計測実験体

第6章は原子炉内発熱量測定用のカロリメーターを実際の原子炉で使用した実績である。前章での成果に基き、原子炉炉心内のガンマ線加熱率測定用カロリメーター（図9）を実際に設計、製作しJMTR炉特性試験として炉心内各所の縦方向のガンマ線加熱率分布とその時間的変動を測定してよい成果をおさめた。図10はその測定結果の1例で、JMTR炉心内ガンマ線加熱率分布の測定結果を示すものである。従来、JMTR炉心のように大きなガンマ線加熱のある場合、

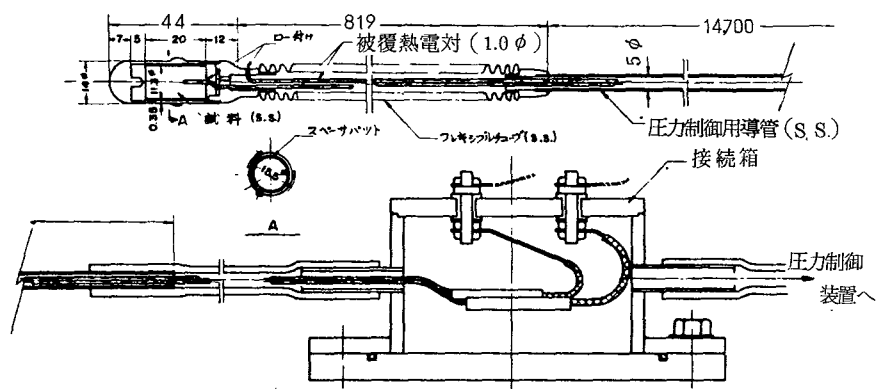


図9 JMTRガンマ線加熱測定カロリメーター測定器

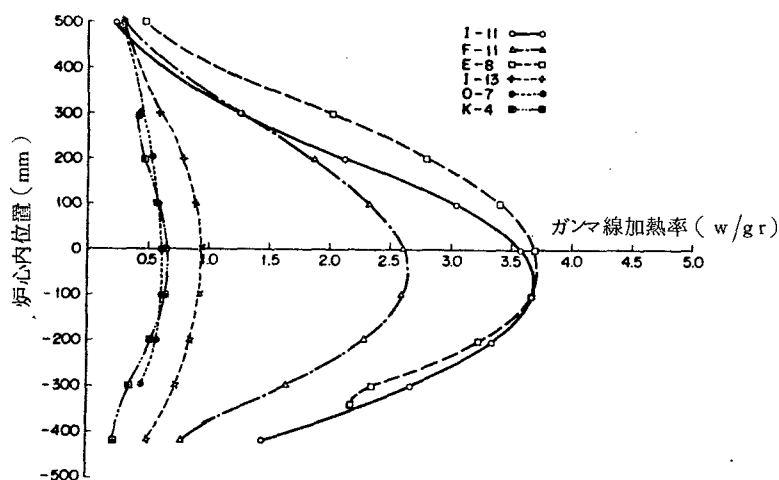


図10 炉心内ガンマ線加熱率分布（6月14日測定）

その発熱量測定には種々なる障害があったが、ガス薄層の熱抵抗の変化を利用した本方法はこれらの障害を克服することができ、実際の測定においてその有用性を示した。

第7章は結論である。

## 審 査 結 果 の 要 旨

原子炉用燃料，材料の開発においては試料を原子炉内で中性子により照射し，その物性的変化を観察するという手段が必要である。この照射試験においては試料の温度制御の精度が直接試験結果に大きな影響をもつが，原子炉内の被照射体の温度制御はそれが極めて特殊な条件のもとにあるため従来制御方法として満足すべきものがなかった。したがって信頼性の高い炉内照射装置の開発は，原子炉工学上緊急な問題としてその解決が待望されていた。

本論文は，内外の二重壁構造のキャプセルを用い，中間層を極めて薄い層（ $0.1\text{ mm}$  から  $0.5\text{ mm}$  程度）とし，そのガス圧力を大気圧から  $0.1\text{ Torr}$  程度まで種々変え，これによって生ずるその層における熱抵抗特性の変化を利用することにより，原子炉内の被照射体の発熱に伴う温度変化を精度よく制御しようとする装置の開発に関するものであって，全編 7 章よりなる。

第 1 章は緒論であり，従来の方法と対比し本研究の意義を明らかにしている。

第 2 章は原子炉外に設けた模擬実験装置でガス層の厚さを変えた場合，そのガス圧力と熱抵抗との関係を理論および実験の両面から研究すると同時に，圧力制御系の作動に関する理論解析と炉外実験とから本装置の性能を追求したものである。

第 3 章は本装置の自動温度制御特性についての理論解析と実験とによる解明である。キャプセル内の温度変化が理論値と良い一致をみせている。この作動の現実性の点から本装置を実際の原子炉に使用し得ることを立証している。

第 4 章では本装置を実際の原子炉に用い，その信頼性を確認している。まず 20 時間程度の短期間の炉内照射を原研 4 号炉を用いて行ない，つぎに 1 年以上にわたる本格的長期間の試験を材料試験炉で行ない，性能の良好なことを示している。これは本研究の大きな成果である。

第 5 章では本装置を用い原子炉内の試料の発熱量計測に利用し得ることを述べている。まず原子炉外での実験を行ない，その特性を明らかにし，発熱量の計算式と対比している。その結果として発熱量計測は炉外試験であるが，大体 2～3 % 程度の誤差であることを確認している。

第 6 章はこの発熱量計測を実際の原子炉内で計測した実績である。材料試験炉におけるような特殊な発熱量計測にともなう困難を克服し，それに成功したことは本研究のもう一つの大きな成果であって高く評価される。

第 7 章は結論である。

以上要するに本論文は原子炉内での被照射体の温度を精度よく制御する方法および炉内における試料の発熱量計測法を開発し，実際の原子炉に使用し，多くの成果を収めたものである。この成果は原子炉工学および炉内照射技術に寄与するところ極めて大なるものがある。

よって，本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。